



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)**

**Факультет энергетики и электроники**

*(наименование факультета/института)*

**Кафедра «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы»**

*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

**УТВЕРЖДАЮ**

**Первый проректор**

**по учебной работе и цифровизации**

\_\_\_\_\_ **В.А. Шкаберин**

**«26» апреля 2024 г.**

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Электротехнические комплексы и системы»**

*(наименование дисциплины)*

**2.4.2. Электротехнические комплексы и системы**

*(код и наименование научной специальности)*

**Технические науки**

*(наименование отрасли наук)*

**высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации**

*(уровень образования)*

**очная**

*(форма обучения)*

**2024**

*(год набора)*

**Брянск 2024**

## Программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине

«Электротехнические комплексы и системы»

*(наименование дисциплины)*

2.4.2. Электротехнические комплексы и системы

*(код и наименование научной специальности)*

Разработал:

Профессор кафедры «ЭРЭиЭС»,

Д.Т.Н., доцент

*(должность, ученая степень, ученое звание)**(подпись)*

Г.А. Федяева

*(И.О. Фамилия)*Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Электронные, радиоэлектронные и электротехнические  
системы»*(наименование кафедры, ответственной за реализацию дисциплины)*

«07» марта 2024 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой

К.Т.Н., доцент

*(ученая степень, ученое звание)**(подпись)*

А.А. Малаханов

*(И.О. Фамилия)*

© Федяева Г.А., 2024

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет», 2024

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Программа кандидатского экзамена предназначена для сдачи аспирантами кандидатского экзамена по специальной дисциплине «Электротехнические комплексы и системы» по программе аспирантуры по научной специальности 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы.

### 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Цель кандидатского экзамена – установить глубину профессиональных знаний аспиранта, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

Основными задачами является выявление:

- сформированности навыков и умений в области теории и практики электротехнических комплексов и систем;
- уровня знаний по темам исследования и моделирования электротехнических комплексов и систем.

### 2. МЕСТО КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Кандидатский экзамена по специальной дисциплине «Электротехнические комплексы и системы» является промежуточной аттестацией дисциплины «Электротехнические комплексы и системы», относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и реализуется на 4 курсе в 1 семестре.

### 3. ОБЪЕМ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Общая трудоемкость кандидатского экзамена по специальной дисциплине составляет 1 зачетная единица (36 академических часа).

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

#### 4.1. Структура программы кандидатского экзамена

Структура кандидатского экзамена представлена в виде тематического плана в таблице 2.

Таблица 2 – Тематический план кандидатского экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (дидактические единицы)
1	Теория электропривода	Функции, выполняемые общепромышленным и тяговым приводом и его обобщенные функциональные схемы. Характеристики электромеханического преобразователя энергии и его математическое описание в двигательном и тормозном режимах. Обобщенная электрическая машина как основной компонент электропривода. Электромеханические свойства двигателей постоянного тока, асинхронных, синхронных и шаговых двигателей. Механические устройства. Нагрузка двигателя. Сопряжение двигателя с рабочим механизмом (редукторы, муфты). Математические модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов. Установившиеся режимы работы электропривода. Частотный и спектральный анализ. Учет упругих звеньев и связей. Учет нелинейностей. Построение адекватных моделей с использованием

		<p>компьютерных технологий.</p> <p>Переходные процессы в электроприводах. Линейные и нелинейные системы, передаточные и переходные функции электропривода. Примеры формирования оптимальных переходных процессов при разгоне и торможении электропривода с учетом процессов в рабочем механизме. Обобщенный алгоритм компьютерного моделирования линейных или не линейных систем автоматизированного электропривода; представление и обработка результатов моделирования.</p> <p>Регулирование координат электропривода. Характеристика систем электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями, системы с линейными двигателями и сферы их применения.</p> <p>Основные характеристики приборных систем электроприводов. Следящие электроприводы. Многодвигательные электромеханические системы. Тяговые электроприводы.</p>
2	Автоматическое управление электроприводом	<p>Основные функции и структуры автоматического управления электроприводом. Типовые, функциональные схемы и типовые системы, осуществляющие автоматический пуск, стабилизацию скорости, реверс и остановку электродвигателей. Синтез систем с контактными и бесконтактными элементами. Принципы выбора элементной базы.</p> <p>Общие вопросы теории замкнутых систем автоматического управления электроприводом (САУ) при заданном рабочем механизме.</p> <p>Методы анализа и синтеза замкнутых, линейных и нелинейных, непрерывных и дискретных САУ. Применение методов вариационного исчисления и пакетов прикладных программ для ПЭВМ.</p> <p>Системы управления электроприводами постоянного и переменного тока. Типовые структуры систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления асинхронными и синхронными двигателями. Особенности построения систем управления электроприводами с тиристорными преобразователями. Системы с машинами двойного питания. Структура управления специальными приводами (тяговые, крановые, муфтовые и т.д.). Управление электроприводами с линейными двигателями.</p> <p>Управление электроприводами при наличии редуктора и упругой связи двигателя с механизмом. Стабилизирующие системы управления электроприводами. Защита от перегрузок и аварийных режимов.</p> <p>Типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных. Типовые узлы и типовые следящие САУ непрерывного и дискретного действия. Оптимальные и инвариантные САУ. Анализ и синтез следящих САУ с учетом стохастических воздействий. Цифровые САУ. Электроприводы в робототехнических комплексах и гибких автоматизированных производствах. Применение микропроцессоров и микро-ЭВМ для индивидуального и группового управления электроприводами технологических объектов и транспортных средств.</p>
3	Теория и принцип работы комплексных узлов электрооборудования	<p>Научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электрооборудования (по отраслям). Преобразователи напряжения, в том числе: генераторы и электромашинные преобразователи, управляемые вентильные преобразователи постоянного и переменного тока в постоянный,</p>

		<p>инверторы, непосредственные преобразователи частоты переменного тока и др.</p> <p>Основные принципы построения систем и комплектных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов. Контакторно-резисторные и электронные узлы систем управления электрическим подвижным составом и их особенности.</p> <p>Контактные и бесконтактные узлы электродвигателями постоянного и переменного тока, работающие в непрерывных, релейных и импульсных режимах.</p>
4	<p>Электрооборудование для электроснабжения промышленных предприятий, транспорта и сельского хозяйства</p>	<p>Классификация источников, приемников и преобразователей электрической энергии. Электрические нагрузки и закономерности изменения их во времени (по отраслям). Использование теории случайных процессов для представления основных параметров нагрузки. Основы теории прогнозирования и динамики потребления электрической энергии.</p> <p>Принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования.</p> <p>Выбор систем и схем электроснабжения. Современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации. Характерные схемы электроснабжения. Выбор напряжения в системах электроснабжения (по отраслям). Сокращение числа трансформации и выбор числа трансформации. Блуждающие токи и коррозия подземных сооружений. Защита от блуждающих токов.</p> <p>Определение токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов защиты. Принципы автоматического повторного включения.</p> <p>Качество электрической энергии. Влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на производительность механизмов и агрегатов (по отраслям). Электромагнитная совместимость приемников электрической энергии с питающей сетью. Средства улучшения показателей качества электроэнергии. Компенсация реактивной мощности в электроприводах и системах электроснабжения.</p> <p>Технико-экономические расчеты в системах электроснабжения (по отраслям) и использование для этих целей современных компьютерных технологий. Теория интерполяции и аппроксимации.</p>

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

### 5.1. Перечень основной, дополнительной и справочной учебной литературы:

#### *а) основная литература*

1. Сторожев, В. В. Системотехника и мехатроника технологических машин и оборудования: монография / В. В. Сторожев, Н. А. Феоктистов ; под редакцией Н. А. Феоктистова. — Москва : Дашков и К, 2018. — 412 с. — ISBN 978-5-394-02468-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/85736.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Зубчатые передачи и трансмиссии в Беларуси : проектирование, технология, оценка свойств / В. Б. Альгин, В. Е. Антонюк, В. Л. Басинюк [и др.] ; под

редакцией В. Б. Альгин, В. Е. Старжинский. — Минск : Белорусская наука, 2017. — 407 с. — ISBN 978-985-08-2119-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74067.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 252 с. — ISBN 978-5-507-44711-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/254663> (дата обращения: 16.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### *б) дополнительная литература*

1. Бурьков, Д. В. Математическое и имитационное моделирование электротехнических и робототехнических систем: учебное пособие / Д. В. Бурьков, Ю. П. Волощенко. — Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. — 159 с. — ISBN 978-5-9275-3625-2. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/107953.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Мамонтов, Е. В. Электромеханические переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие / Е. В. Мамонтов, Р. Н. Дятлов. — Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет, 2019. — 64 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121428.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

3. Сипайлова Н.Ю. Вопросы проектирования электрических аппаратов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Ю. Сипайлова. — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2014. — 168 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/34657.html>

4. Мамонтов, Е. В. Переходные процессы в системах электроснабжения : учебное пособие / Е. В. Мамонтов, А. А. Дягилев. — Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет, 2018. — 68 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/121449.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

5. Лыкин, А. В. Распределительные электрические сети : учебное пособие / А. В. Лыкин. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 115 с. — ISBN 978-5-7782-3537-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91409.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6. Зайцева, И. С. Основы научных исследований : учебное пособие / И. С. Зайцева. — Кемерово : Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022. — 95 с. — ISBN 978-5-00137-290-5. — Текст :

электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/128397.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

7. Шведов, В. Е. Транспортная логистика. Механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ : учебник / В. Е. Шведов, Н. В. Иванова; под редакцией В. К. Головати. — Санкт-Петербург : Интермедия, 2018. — 240 с. — ISBN 978-5-4383-0154-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/85781.html> — Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

*в) справочная литература*

1. ГОСТ 2.114 – 2016. Единая система конструкторской документации. Технические условия. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 апреля 2017 г.

2. ГОСТ 2.103-2013. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г.: Стандартиформ, 2015. - 9 с.

3. ГОСТ 2.118-2013. Единая система конструкторской документации. Техническое предложение. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г.: Стандартиформ, 2015. - 9 с.

4. ГОСТ 2.119-2013. Единая система конструкторской документации. Эскизный проект. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г.: Стандартиформ, 2018. - 8 с.

5. ГОСТ 2.120-2013. Единая система конструкторской документации. Технический проект. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июля 2015 г.: Стандартиформ, 2007. - 7с.

6. ГОСТ 15.101-2021 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ. – Введ. 2021-08-24. –М.: Российский институт стандартизации. -6 с.

7. ГОСТ 7.32-2017 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. - Введ. 2017-10-24. – Стандартиформ, 2017. - 32 с.

**5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для сдачи кандидатского экзамена:**

1.Единое окно доступа к информационным ресурсам (<http://window.edu.ru>).

2. Национальная электронная библиотека (<http://www.elibrary.ru>).

3. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» (<http://school-collection.edu.ru>).

4. Федеральный Интернет-портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>).

5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks» (<http://www.iprbookshop.ru>).

6. Электронно-библиотечная система «Лань» (<https://e.lanbook.com>).

7. Сайт ФГБУ Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

Для обеспечения проведения кандидатского экзамена имеется следующая материально-техническая база:

- учебная аудитория, оснащенная комплектом мебели и доской, для проведения консультаций и кандидатского экзамена;
- компьютерные классы с постоянным доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», а также читальные залы научной библиотеки БГТУ для самостоятельной работы аспирантов.

## **7. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Проведение кандидатского экзамена для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

При проведении промежуточной аттестации обеспечивается соблюдение следующих требований:

- для аспирантов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья промежуточная аттестация проводится с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (далее - индивидуальные особенности);
- проведение мероприятий по промежуточной аттестации для лиц с ограниченными возможностями здоровья в одной аудитории совместно с аспирантами, не имеющими ограниченных возможностей здоровья, допускается, если это не создает трудностей для аспирантов;
- присутствие в аудитории ассистента, оказывающего аспирантам необходимую техническую помощь с учетом их индивидуальных особенностей (занять рабочее место, понять и оформить задание, общаться с преподавателем);
- предоставление аспирантам при необходимости услуги с использованием русского жестового языка, включая обеспечение допуска на объект сурдопереводчика, тифлопереводчика (в организации должен быть такой специалист в штате (если это востребованная услуга) или договор с организациями системы социальной защиты по предоставлению таких услуг в случае необходимости);
- предоставление аспирантам права выбора последовательности выполнения задания и увеличение времени выполнения задания (по согласованию с преподавателем);
- по желанию аспиранта устный ответ при контроле знаний может проводиться в письменной форме или наоборот, письменный ответ заменен устным.



## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ АСПИРАНТОВ**

Сдача аспирантом кандидатского экзамена по специальной дисциплине «Электротехнические комплексы и системы» относится к оценке результатов освоения дисциплины «Электротехнические комплексы и системы», осуществляемой в рамках промежуточной аттестации.

Для приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине создается экзаменационная комиссия. Регламент работы экзаменационной комиссии определяется Положением об экзаменационной комиссии и порядке приема кандидатских экзаменов в БГТУ.

### **Шкала оценивания**

Уровень знаний аспиранта определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### **Показатели и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Оценка «отлично» - аспирант дает полные, исчерпывающие и аргументированные ответы; грамотно использует научную терминологию; умеет связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения. Во время экзамена аспирант должен подробно ответить на три вопроса экзаменационного билета.

Оценку «хорошо» - аспирант дает достаточно полные и аргументированные ответы; применяет научную терминологию, но при этом допускает ошибку или неточность в определениях, понятиях; умеет связывать теорию с практикой, высказывать и обосновывать свои суждения. Во время экзамена аспирант должен подробно ответить на три вопроса экзаменационного билета. Допускаются незначительные недочеты и неточности, которые аспирант исправляет самостоятельно в процессе беседы с экзаменационной комиссией.

Оценку «удовлетворительно» - аспирант дает неполные и слабо аргументированные ответы; допускает существенные терминологические неточности; частично аргументирует собственную позицию или точку зрения. Во время экзамена аспирант должен подробно ответить на один вопрос экзаменационного билета и частично на два других вопроса.

Оценку «неудовлетворительно» - отмечается отсутствие знания терминологии, научных оснований, признаков, характеристик рассматриваемой проблемы; не представлена собственная точка зрения по данному вопросу. Во время экзамена аспирант частично отвечает на вопросы.

### **8.1. Контрольно-измерительные материалы для промежуточной аттестации аспирантов**

#### **8.1.1. Вопросы для промежуточной аттестации аспирантов**

1. Какие функции выполняет общепромышленный и тяговый электропривод?

2. Охарактеризуйте обобщенную электрическую машину как основной компонент электропривода.

3. Перечислите и опишите математически модели и структурные схемы электромеханических систем с электродвигателями разных типов.

4. Поясните протекание переходных процессов электропривода. Приведите примеры формирования оптимальных переходных процессов при разгоне и торможении электропривода.

5. Охарактеризуйте системы управления электроприводов: управляемый преобразователь-двигатель постоянного тока, преобразователь частоты – асинхронный двигатель, преобразователь частоты – синхронный двигатель, системы с шаговыми двигателями, системы с линейными двигателями, ВИД, СРДНВ и сферы их применения

6. Поясните принципы функционирования следящих электроприводов, многодвигательных электромеханических систем.

7. Поясните принцип выбора типа и мощности электродвигателя, структуры, типа и мощности преобразователя

8. Опишите основные этапы эскизного и рабочего проектирования.

9. Опишите основные функции и структуры автоматического управления электроприводом.

10. Приведите основные методы анализа и синтеза замкнутых, линейных, непрерывных и дискретных САУ.

11. Поясните особенности и основные принципы микропроцессорного управления векторными электроприводами переменного тока.

12. Опишите стабилизирующие системы управления электроприводами, защиту от перегрузок и аварийных режимов.

13. Перечислите и опишите основные типовые узлы и типовые САУ, поддерживающие постоянство заданных переменных.

14. Опишите адаптивные системы автоматического управления и основные принципы их управления. Опишите алгоритмы адаптации в электроприводах.

15. Приведите примеры анализа динамических процессов в электромеханотронных системах на основе компьютерного моделирования.

16. Какие существуют показатели надежности электроприводов? Опишите процесс технической диагностики электроприводов.

17. Опишите научные основы и принципы работы наиболее распространенных комплектных узлов электрооборудования.

18. Опишите основные особенности преобразователей напряжения, включая, генераторы и электромашинные преобразователи; управляемых вентильных преобразователей постоянного и переменного тока в постоянный; инверторов; непосредственных преобразователей частоты переменного тока.

19. Приведите описание основных принципов построения систем и комплектных узлов общепромышленного электрооборудования и электрооборудования подвижных объектов.

20. Дайте сравнительную оценку контактных и бесконтактных узлов с электродвигателями постоянного и переменного тока, работающих в непрерывных, релейных и импульсных режимах.
21. Классифицируйте элементную базу силовых цепей электрооборудования.
22. Приведите классификацию источников, приемников и преобразователей электрической энергии.
23. Опишите теорию случайных процессов для представления основных параметров нагрузки.
24. Опишите тяговые подстанции и их принципиальные особенности; типы тяговых подстанций электротранспорта.
25. Какие существуют принципы расчета электрических сетей и систем электрооборудования?
26. Классифицируйте системы и схемы электроснабжения.
27. Опишите современные методы оптимизации систем электроснабжения, критерии оптимизации.
28. По каким принципам производится выбор напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий и электрического транспорта.
29. Дайте определения понятию блуждающие токи. Какие существуют меры защиты от блуждающих токов и коррозии подземных сооружений?
30. Каким образом реализуется идентификация токов короткого замыкания выбор электрических аппаратов защиты?
31. Дайте определение понятию автоматического повторного включения и принцип реализации данной функции.
32. Классифицируйте критерии качества электрической энергии.
33. Опишите влияние качества электроэнергии на потребление электроэнергии и на производительность механизмов и агрегатов промышленных предприятий и электрического транспорта.
34. Какими параметрами характеризуется электромагнитная совместимость приемников электрической энергии с питающей сетью.